
原 著

男子新体操選手の膝関節伸展・屈曲運動における両側性機能低下

Bilateral deficit during isometric knee extension and flexion movement on male rhythmic gymnastics players

山 田 小太郎*, 朝 倉 正 昭*, 田 中 重 陽**
熊 川 大 介**, 角 田 直 也*Kotaro YAMADA*, Masaaki ASAKURA*, Shigeharu TANAKA**
Daisuke KUMAGAWA** and Naoya TSUNODA*

ABSTRACT

The purpose of this study was clarifying bilateral deficit on isometric during knee extension and flexion movement on male rhythmic gymnasts. Nine teen male college level rhythmic gymnasts participated as subjects. Maximal voluntary peak torque with isokinetic and isometric of the knee flexor and extensor muscles were measured by BIODEX System III. Extension and flexion were measured for joint angles of 0deg/sec, 60deg/sec, 120deg/sec, 180deg/sec, 240deg/sec during unilateral and bilateral. A significant difference between the unilateral and bilateral was observed along with a relationship between power and speed. A significant difference between the relationship of summed unilateral (SUL) and bilateral (BL) was observed on flexion. However, a significant difference was not observed on extension. The bilateral index (BI) was not observed on slow speed knee joint among each angular velocity. However, a significant difference was observed with high speed knee joint among each angular velocity.

は じ め に

ヒトの身体運動において両側同時に運動を実施した際の筋力発揮能力は一側単独での筋力発揮をした場合と比較し最大筋力値の低下といった筋機能低下が報告されており^{1) 2)}、これらの現象は両側性機能低下 (Bilateral Deficit) として研究が

されてきた。これまでに両側性機能低下に関する先行研究においては両側性のトレーニングを行うことにより両側性で発揮した筋力が一側性に発揮した筋力よりも顕著に増加し、一側性のトレーニングを行うと一側性に発揮した筋力が両側性に発揮した筋力よりも顕著に増加する。すなわち両側性機能低下の程度は、一側性のトレーニングによ

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

り大きくなるという結果が報告されている⁵⁾。

スキー選手とスキーの経験がない者として比較した先行研究によれば、経験選手の方が膝関節伸展における両側性機能低下が生じにくいことが確認されており、これらの結果は長期間におけるスキー競技トレーニングが影響しているであろうことが報告されている³⁾。

男子新体操選手もアクロバットや徒手運動における左右対称に筋力を使用する運動が多く取り入れていることから、長年に亘るトレーニングが両側性機能低下に与える影響があるのではないかと考えられる。

そこで本研究では男子新体操選手の一側性筋力と両側性筋力を測定し種目における特徴が筋に与える影響を検討することを目的とした。

方 法

I. 被検者

被検者は、大学男子新体操選手19名であった。被検者の中には全国大会で優勝の経験をもつ者もあり、各被検者には測定に先立ち研究の目的及び測定方法を説明し任意による測定の同意を得た。被検者の年齢、身体特性、経験年数等を平均値と標準偏差でTable.1に示した。

II. 筋力測定

1) 測定姿勢及び測定装置

一側性及び両側性における等速性及び等尺性による膝関節の屈曲及び伸展時の筋力測定はBIODEX System III (Biodex社製)を用いて測定を実施した。測定に際しての姿勢は一側性、両側

性共に各被検者とも椅座位姿勢をとらせ、レバーアームに接続したアタッチメント中央部を外果点に設定し、体幹部及び大腿部を測定椅子にベルトで固定した。固定の際、一側性は片足のみを対象とするため片足のみ固定し反対側の足においては固定を行わなかった。両側性における測定は特性のアタッチメントを用いて両足を固定し測定を実施した。重力補正は筋力測定装置をコントロールしているコンピューターに内蔵されているプログラム (Biodex Advance Software Ver.3.03) により行った。

2) 等尺性最大筋力の測定

一側性及び両側性の等尺性最大筋力の測定は屈曲 (以下FL) においては膝関節角度を40°、伸展 (以下EX) は80°にて測定を実施した。各被検者ともFL及びEXともに8秒間の随意最大努力による筋力発揮を3回実施させ、そのうち最も高い値を最大トルク (以下PT) として採用した。

3) 等速性最大筋力の測定

一側性及び両側性の等速性最大筋力の測定はFL及びEXとも60deg/sec、120deg/sec、180deg/sec、240deg/secの4種類の異なる角速度にて測定を実施した。各被検者とも十分に準備運動を実施し、動作開始合図に合わせ60deg/sec、120deg/sec、180deg/secにおいては最大努力にて3回の膝屈伸展動作を実施し、240deg/secにおいては最大努力にて5回の膝屈伸展動作を実施した。また、測定に際し筋疲労が測定値に影響を考慮し、各測定間において十分な休息を与えた。各速度とも実施の中で最も高い値をPTとして採用した。

Table 1. Age and physical characteristics and training experience in subjects

n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	LBM(kg)	Experience(yrs)
19	19.7±1.4	169.5±4.1	62.2±4.4	57.7±3.0	7.3±3.5
Mean±S.D.					

4) 測定値の算出

測定により得られた値は一側性左右の合計値 (SUL)、両側性の値を (BL) とし、両側性機能低下指数 (Bilateral Index : BI) は次の式により算出した。

$$BI(\%) = 100 [\text{両側性パワー} / (\text{一側性パワー (右)} + \text{一側性パワー (左)})] - 100$$

Ⅲ. 統計処理

測定値は平均値及び標準偏差で示した。また、筋力測定において得られた一側性及び両側性の PT の各角速度間における有意差検定は 1 元配置

分散分析を用いて行い、一側性の合計値と両側性の比較は 2 元配置分散分析を用いて検定を実施した。有意な差が認められた項目については post-hoc 測定法 (Bonferroni) を実施した。それぞれ危険率 5 % 未満を有意とした。

結果及び考察

1) 筋出力発揮特性比較

Table.2 と Table.3 は一側性及び両側性における 0 deg/sec、60 deg/sec、120 deg/sec、180 deg/sec、240 deg/sec の各角速度における EX 及び FL

Table 2. Comparisons of peak torque on extension knee joint among each angular velocity

Peak torque(N/m)									
Right leg			Left leg			BL			
0°	254.0	± 30.0	255.3	± 42.9		468.5	± 60.1		
60°	176.1	± 25.0 ◆	171.3	± 22.8 ◆		336.9	± 40.6 ◆		◆ vs 0°
120°	138.4	± 16.4 ◆ #	133.0	± 26.9 ◆ #		271.2	± 37.6 ◆ #		# vs 60°
180°	122.7	± 17.7 ◆ # ○	120.2	± 18.3 ◆ #		249.2	± 27.7 ◆ #		○ vs 120°
240°	110.6	± 17.4 ◆ # ○	107.0	± 15.3 ◆ # ○		222.0	± 26.9 ◆ # ○ ▼		▼ vs 180°
◆, #, ○, ▼: p<0.05						Mean±S.D.			

Table 3. Comparisons of peak torque on flexion knee joint among each angular velocity

Peak torque(N/m)									
Right leg			Left leg			BL			
0°	107.6	± 14.3	99.0	± 15.6		180.5	± 24.8		
60°	89.2	± 13.3 ◆	89.0	± 13.2 ◆		140.8	± 20.4 ◆		◆ vs 0°
120°	81.0	± 11.1 ◆ #	78.5	± 17.4 ◆ #		128.2	± 23.1 ◆		# vs 60°
180°	79.4	± 12.7 ◆ #	77.8	± 13.9 ◆ #		129.5	± 19.5 ◆		
240°	77.4	± 10.4 ◆ #	79.1	± 11.6 ◆ #		132.6	± 21.8 ◆		
◆, #: p<0.05						Mean±S.D.			

のPT値を示した。

一側性のEXの値において左右両足とも0 deg/sec、60 deg/secはすべての各速度間に有意な差が認められた。120 deg/secに関しては右足の値は180 deg/sec、240 deg/sec共に有意な差が認められたが、左足の180 deg/sec間においては有意な差が認めることができなかった。240 deg/secに関しては有意な差は認められなかった。BLのEXの値においては120 deg/secと180 deg/sec以外のすべての各速度間に有意な差が認められた。

FLにおいては一側性では左右両足とも0 deg/sec、60 deg/secと全ての角速度間において有意な差が認められた。その他の角速度間においては有意な差が認められなかった。BLにおいては0 deg/secと全ての角速度間において有意な差が認められたが、その他の角速度間では有意な差を認めることができなかった。

これらの結果から男子新体操選手の下肢筋力発揮特性においては先行研究^{6) 7)} 同様に力-速度関係を確認することができ、先行研究を支持する結果となった。これまでも様々な競技において異なる角速度間での違いを検討した研究が実施されてきたが⁴⁾、それらの研究においても角速度の増加に伴いパワーの低下が確認されている。本研究においてもそれらの結果を得ることが出来たことから、男子新体操選手の力発揮の能力においても

他競技の選手同様の傾向がみられる事が明らかになった。

2) 一側性及び両側性間における比較

Table.4はSULとBL間における比較を実施した結果を示した。EXは0 deg/secにおいてのみ有意な差が認められた。FLにおいては全ての角速度間においてSULが有意に高い値を示した。

これらの結果は、男子新体操選手の日常トレーニングにおいて両足の動的運動を伴ったトレーニングがこのような結果に結びついたものとして考えられる。この点を踏まえた上でトレーニング内容を考えてみると、筋力トレーニングの内容も両足で行うものが多く、練習や演技の中で実施されている徒手運動の練習も左右両足を使用した反復練習が多く取り入れられている。また、演技内に必ず入れなければならない要素としてアクロバットの運動があるが、この運動は地面についた両足を瞬間的に屈曲させた状態から地面を強く蹴り、両足を伸展させ空中に向け自分の身体を舞い上がらせる技術である。この技術を実施するには左右両足の力を均等に発揮する筋力発揮能力が求められ、仮に片足に偏った蹴り方をすれば空中で大きくバランスを崩すことになる。これらの練習の反復が両側性での伸展能力に影響を与えたものとして考えられる。

Table 4. Comparisons of SUL and BL peak torque values during knee extension and flexion

Extension				Flexion			
SUL		BL		SUL		BL	
0°	509.3 ± 69.7 *	468.5 ± 60.1		206.6 ± 27.3 *	180.5 ± 24.8		
60°	347.4 ± 42.5	336.9 ± 40.6		178.2 ± 22.9 *	140.8 ± 20.4		
120°	271.4 ± 37.3	271.2 ± 37.6		159.5 ± 23.8 *	128.2 ± 23.1		
180°	242.9 ± 32.7	249.2 ± 27.7		157.2 ± 24.0 *	129.5 ± 19.5		
240°	217.6 ± 29.1	222.0 ± 26.9		156.5 ± 19.1 *	132.6 ± 21.8		
Mean±SD				* ; p<0.05			

3) 伸展及び屈曲時におけるBI値の比較

Fig.1とFig.2はEXとFL時におけるBI値を角速度間においての変化をまとめた図である。EXにおいて0 deg/secは120 deg/sec、180 deg/sec、240 deg/secとの間に有意な関係は認められたが、その他の角速度間においては有意な関係が認められなかった。EXにおいては0 deg/secと60 deg/secの間のみ有意な関係が認められた。

この結果から新体操選手は静的な運動時では有意な差が認められるが、動的な動きになるにつれ両側性機能低下の程度が小さくなることが明らか

になった。これらの現象は両足での動的練習を日常的に取り入れている事が両側性機能低下の減少に影響を及ぼしたものとして考えられる。先行研究においても一側性トレーニングを多く取り入れたトレーニングでは一側性で発揮する能力が向上し、両側性トレーニングを多く取り入れたトレーニングでは両側性で発揮する能力が向上することが明らかになっている⁵⁾。男子新体操選手のトレーニングでも両側性の運動が多く取り入れられていることから本研究結果が得られたものとして考えられる。

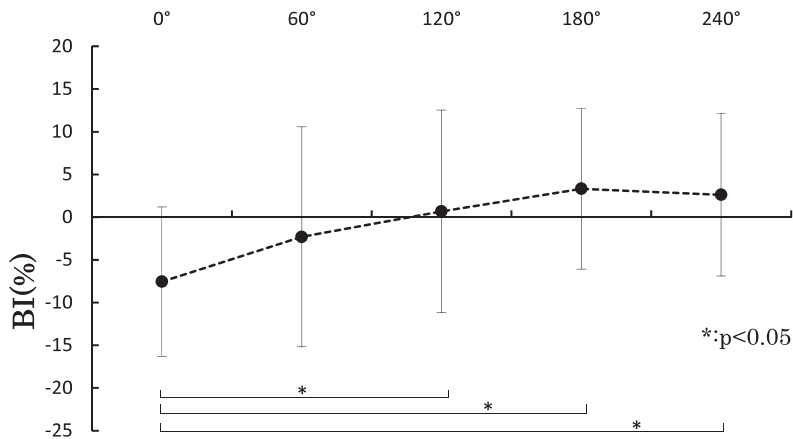


Fig.1 Comparisons of BI values during knee extension

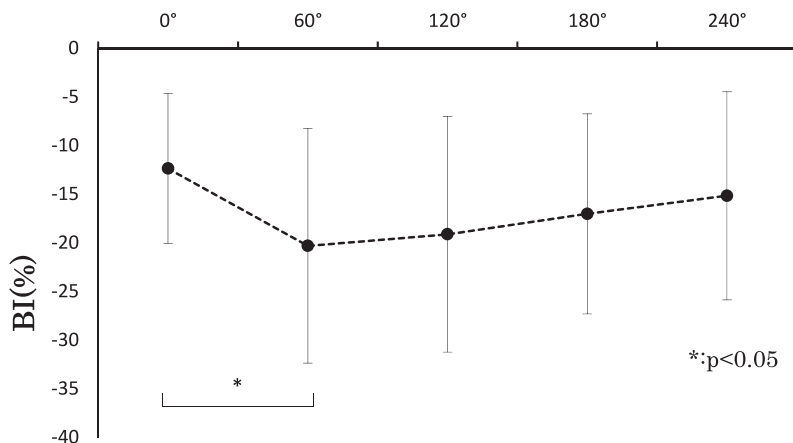


Fig.2 Comparisons of BI values during knee flexion

ま と め

本研究では男子新体操選手の一侧性筋力と両側性筋力を測定し種目における特徴が筋に与える影響を検討することを目的とした。その結果以下のことが明らかになった

- ・ 一侧性及び両側性での筋力は力-速度関係が認められた。
- ・ SULとBL間における比較ではFLでは有意な差が認められたものの、EXにおいては有意な差は殆ど認めることができなかった。
- ・ 静的運動時のBI値に対して動的運動時のBI値はEXにおいて有意に高くなることが明らかになったが、FLでは著しい傾向は認められなかった。

本研究で得られた結果から、男子新体操選手の両側性における力発揮能力の特徴を導き出すことができたと考えられる。今後は他種目との比較や実際行われている技術と筋力発揮能力の関係を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) A.A.Vandervoort, D.G.Sale, and J.Moroz. : Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. J.Appl. Physiol **56**, 46-51, 1984.
- 2) 木村靖夫、中川直樹、吉竹裕：アルペンスキーヤーにおける脚伸展筋力の両側性機能低下と膝関節角度との関係 東京体育学研究 2001 報告, 21-24, 2001
- 3) 佐藤拓也、田中重陽、角田直也、熊川大介、青葉貴明：基礎スキー選手の膝関節における両側性機能低下 東京体育学研究 2005 報告, 63-65, 2005
- 4) 田口正公 竹下幸喜 高木浩信 森嶋誠：スポーツ競技の種目別に見た筋力発揮特性について-大腿四頭筋の伸張性筋活動と短縮性筋活動 トレーニング科学 **4**：84-91, 1992
- 5) 谷口有子：トレーニング・練習による影響からみた両側性機能低下のメカニズム 体育学研究 **46**：587-589, 2001
- 6) 山田小太郎 朝倉正昭 田中重陽 熊川大介 角田直也：新体操選手の下肢筋形態と筋出力発揮特性 国士舘大学体育研究所報 **26**, 15-20, 2007
- 7) 山田小太郎 朝倉正昭 高橋祐輔 田中重陽 熊川大介 角田直也：男女新体操選手における下肢の筋形態、筋出力及び無酸素性パワー発揮特性 国士舘大学体育研究所報 **27**, 7-13, 2008